



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 42 466 A 1**

⑤ Int. Cl. 5:  
**H 01 L 21/324**

⑳ Aktenzeichen: P 41 42 466.2  
㉑ Anmeldetag: 20. 12. 91  
㉒ Offenlegungstag: 24. 6. 93

DE 41 42 466 A 1

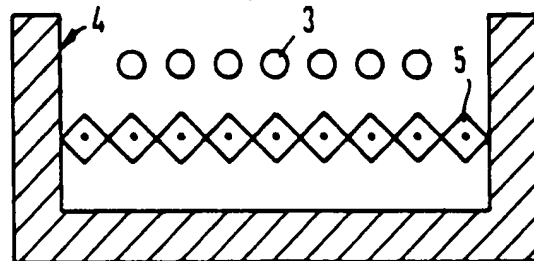
㉗ Anmelder:  
Siemens AG, 8000 München, DE

㉘ Erfinder:  
Bußmann, Egon, Dr.rer.nat., 8000 München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur schnellen Abkühlung beim Kurzzeittempern einer Halbleiterscheibe

⑤⑦ Die Bestrahlungsanordnung zur Erwärmung der Halbleiterscheibe besteht aus mehreren in Reihen angeordneten Lichtquellen, durch deren Licht die Halbleiterscheibe mindestens einseitig bestrahlt wird, sowie aus einer Prozeßkammer mit reflektierenden Oberflächen. Die reflektierenden Oberflächen oberhalb und/oder unterhalb der Halbleiterscheibe (1) werden als Reflektorplatten ausgebildet und zur schnellen Abkühlung der Halbleiterscheibe (1) am Ende der Temperung wird deren Reflektivität durch mechanische Mittel verringert.



DE 41 42 466 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kurzzeittempern einer Halbleiterscheibe mittels einer Bestrahlungsanordnung zur Erwärmung der vorzugsweise von einer Quarzkammer umgebenen Halbleiterscheibe, die aus mehreren in Reihen angeordneten Lichtquellen besteht, durch deren Licht die Halbleiterscheibe mindestens einseitig bestrahlt wird, sowie aus einer Prozeßkammer mit reflektierenden Oberflächen.

Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise aus der EP-A-03 45 443 bekannt.

Bei der Herstellung elektronischer Bauelemente aus Halbleiterscheiben auf Silizium- oder Galliumarsenidbasis gewinnen Kurzzeittemperverfahren (englisch: Rapid Thermal Processing = RTP oder Rapid Thermal Annealing = RTA) immer mehr an Bedeutung. Deren Hauptvorteile, eine verringerte Temperaturbelastung und ein rationeller Fertigungsprozeß, werden unter anderem bei der Herstellung dünner Dielektrika, bei Silizierreaktionen und beim Verfließen von Schichten, z. B. aus Borphosphorsilikatglas, ausgenutzt. Dabei werden die Halbleiterscheiben (Wafer) einzeln in eine Prozeßkammer gefahren und dann unter definierter Atmosphäre durch Bestrahlung mit einer intensiven Lichtquelle sehr schnell und mit möglichst homogener Temperaturverteilung über der Halbleiterscheibe aufgeheizt. Ein erwünschter, idealer Temperatur-Zeit-Zyklus ist z. B. eine Aufheizrate von 300°C/sec auf 1100°C, eine anschließende Temperaturzeit von 5 sec bei 1100°C und eine Abkühlrate von 100°C/sec.

Tatsächlich wird jedoch in modernen RTP-Geräten als Abkühlzeit eines 200 mm-Wafers von 1100°C auf 300°C etwa 100 sec benötigt, statt der möglichen circa 10 sec. Eine schnellere Abkühlung wird durch die hohe Reflektivität der Prozeßkammer behindert. Simulationen zeigen, daß beispielsweise bei einer Reflektivität von etwa 95% mehr als 80% der vom Wafer abgestrahlten Energie wieder auf ihn zurückfällt, statt als Wärmeabstrahlung zu seiner Abkühlung beizutragen.

In Fig. 2 ist ein weit verbreiteter RTP-Anlagentyp schematisch und im Schnitt dargestellt. Die aufzuheizende Halbleiterscheibe 1 befindet sich üblicherweise in einer Quarzkammer 2. Die Lichtquelle besteht aus zwei Reihen von Quarz-Halogen-Lampen 3. Der Reflektor in Form einer quaderförmigen Prozeßkammer 4, der die Lampen 3 und die Halbleiterscheibe 1 umschließt, sorgt einerseits dafür, daß möglichst geringe Verluste des Lampenlichts auftreten, andererseits auch dafür, daß die Verluste durch die Wärmeabstrahlung der heißen Halbleiterscheibe 1 gering gehalten werden. Bei vielen RTP-Systemen ist es nur so möglich, ein ausreichend schnelles Hochheizen zu erzielen. Üblicherweise sind die inneren, vergoldeten Oberflächen der Prozeßkammer unmittelbar zur Reflexion vorgesehen. In Fig. 2 sind der Wafer und die energiespendenden Lampen 3 von einer oberen, einer unteren und drei seitlichen vergoldeten reflektierenden Oberflächen umgeben.

RTP-Geräte zum Aufheizen von Wafers für die Herstellung integrierter Schaltungen erreichen eine umso gleichmäßigere Temperaturverteilung über den Wafer mit umso geringerer Lampen-Leistung, je höher die Reflektivität der Prozeßkammeroberfläche ist. Eben diese, insofern erwünschte hohe Reflektivität verhindert jedoch andererseits eine schnelle Abkühlung der Wafer am Prozeßende. Die Folge ist eine zu geringe Produktivität der RTP-Geräte. Dieses Problem kann bisher nur durch Eingehen von Kompromissen hinsichtlich der

Prozeßqualität gelöst werden.

Einerseits ist es natürlich möglich, eine Reflexionskammer mit verminderter Reflektivität bei gleichzeitiger Erhöhung der Lampenleistung einzusetzen. Andererseits bietet sich auch die wenig effektive Möglichkeit einer aktiven Kühlung der Quarzkammer, in der sich die Halbleiterscheibe befindet, beispielsweise durch Preßluft. Auch dabei resultieren jedoch zu lange Wartezeiten.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das auf einfache Weise eine schnellere Abkühlung der Halbleiterscheiben am Prozeßende und damit eine höhere Produktivität der bisherigen RTP-Geräte gewährleistet.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, daß dadurch gekennzeichnet ist, daß die reflektierenden Oberflächen oberhalb und/oder unterhalb der Halbleiterscheibe als Reflektorplatten ausgebildet werden und daß zur schnellen Abkühlung der Halbleiterscheibe am Ende der Temperung deren Reflektivität durch mechanische Mittel verringert wird.

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und den Figuren der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 schematisch und im Schnitt als erstes Ausführungsbeispiel eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 in der gleichen Darstellungsweise eine bekannte RTP-Anlage,

Fig. 3 in der gleichen Darstellungsweise ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die erfindungsgemäße Verringerung der Reflektivität läßt sich besonders einfach dadurch erreichen, daß eine in Lamellen aufgeteilte Reflektorplatte verwendet wird, die sich zwischen Boden bzw. Decke der Prozeßkammer und der zugehörigen Reihe von Lichtquellen befindet, daß die um ihre Längsachsen drehbaren und vorzugsweise aneinandergrenzenden Lamellen der Halbleiterscheibe während der Temperung eine hochreflektierende, insbesondere vergoldete Oberfläche zuwenden, während ihre umseitigen, geschwärzten Oberflächen der Halbleiterscheibe erst am Ende der Temperung durch Drehung der Lamellen um mehr als etwa 45° mindestens teilweise zugewendet werden. Die Drehung der Lamellen um beispielsweise 180° kann über eine Zahnstange erfolgen. Besonders vorteilhaft ist es, Lamellen 5 mit zu beiden Seiten pyramidal geformten Oberflächen, wie in Fig. 1 neben der Prozeßkammer 4 und den Lampen 3 angedeutet, zu verwenden. Auf diese Weise wird nicht nur für eine rasche Abkühlung am Ende der Temperung gesorgt, sondern während der Temperung gewährleistet die einem Rückstrahler ähnliche Form der Lamellen 5 zusätzlich eine besonders gleichmäßige Temperaturverteilung über der Halbleiterscheibe.

Wie in Fig. 3 dargestellt, ist es auch möglich, flächig geformte Lamellen 6 zu verwenden und zur Abkühlung vorzugsweise um 90°, wie in Fig. 3 dargestellt, oder um 180° zu drehen. Gemäß Fig. 3 sind die Lamellen maximal geöffnet, so daß die von der Halbleiterscheibe ausgehende Wärmestrahlung zwischen den Lamellen hindurch auf einen gut absorbierenden Hintergrund fällt.

Während der Temperung dient der Wärmeaustausch zwischen den absorbierenden Lamellenrückseiten und

dem absorbierenden Hintergrund einer vorteilhaften Kühlung der Lamellen. Die Lamellen selbst sollten entweder eine ausreichende Wärmekapazität, d. h. insbesondere eine ausreichende Dicke aufweisen, oder zusätzlich gekühlt werden.

5

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Kurzzeitempern einer Halbleiterscheibe mittels einer Bestrahlungsanordnung zur Erwärmung der vorzugsweise von einer Quarzkammer umgebenen Halbleiterscheibe, die aus mehreren in Reihen angeordneten Lichtquellen besteht, durch deren Licht die Halbleiterscheibe mindestens einseitig bestrahlt wird, sowie aus einer Prozeßkammer mit reflektierenden Oberflächen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die reflektierenden Oberflächen oberhalb und/oder unterhalb der Halbleiterscheibe (1) als Reflektorplatten ausgebildet werden und daß zur schnellen Abkühlung der Halbleiterscheibe (1) am Ende der Temperung deren Reflektivität durch mechanische Mittel verringert wird. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine in Lamellen aufgeteilte Reflektorplatte verwendet wird, die sich zwischen Boden bzw. Decke der Prozeßkammer (4) und der zugehörigen Reihe von Lichtquellen (3) befindet, daß die um ihre Längsachsen drehbaren und vorzugsweise aneinandergrenzenden Lamellen der Halbleiterscheibe während der Temperung eine hochreflektierende, insbesondere vergoldete Oberfläche zuwenden, während ihre umseitigen, geschwärzten Oberflächen der Halbleiterscheibe (1) erst am Ende der Temperung durch Drehung der Lamellen um mehr als etwa 45° mindestens teilweise zugewendet werden. 15
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß Lamellen (5) mit zu beiden Seiten pyramidal geformten Oberflächen verwendet werden. 20
4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß flächig geformte Lamellen (6) verwendet und zur Abkühlung vorzugsweise um 90° oder um 180° gedreht werden. 25

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

FIG 1

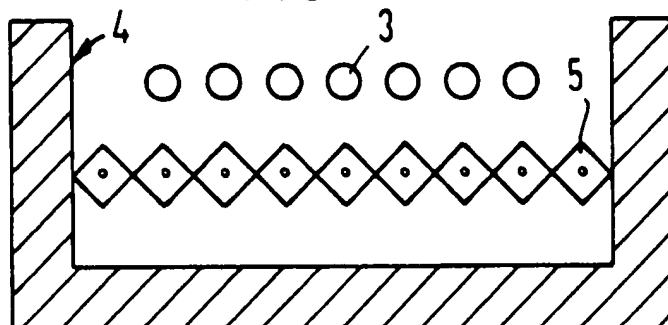


FIG 2

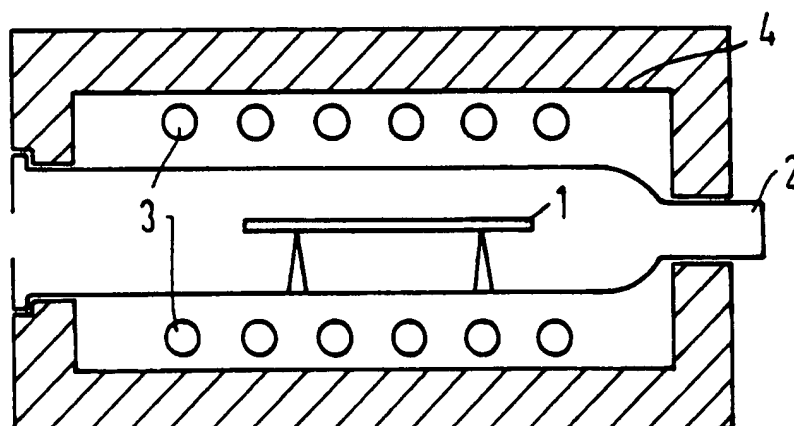
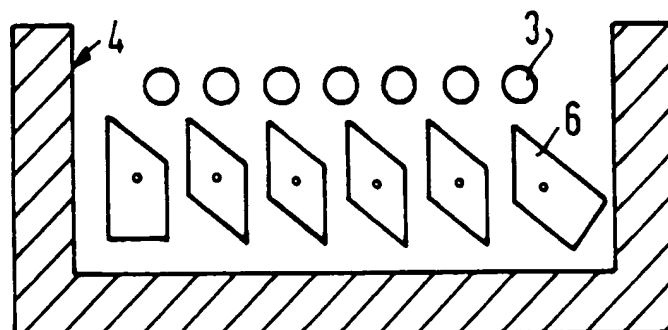


FIG 3



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 41 42 466 C 2

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 01 L 21/324

②1 Aktenzeichen: P 41 42 466.2-33  
②2 Anmeldetag: 20. 12. 91  
④3 Offenlegungstag: 24. 6. 93  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30. 11. 95

DE 41 42 466 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Bußmann, Egon, Dr.rer.nat., 8000 München, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:  
US-Z: IEEE Transactions on Semiconductor  
Manufacturing, Bd. 4, Feb. 1991, S. 9-13;  
NL-Z: Nuclear Instruments and Methods in Physics  
Research, Bd. 86, 1985, S. 298-306;  
DE-Buch: STELZER, F.: Wärmeübertragung und  
Strömung, Thiemig-Taschenbücher, Bd. 10,  
München 1971, S. 278-283;

⑤4 Verfahren zur schnellen Abkühlung beim Kurzzeitemporen einer Halbleiterscheibe

DE 41 42 466 C 2

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kurzzeittempern einer Halbleiterscheibe mittels einer Bestrahlungsanordnung zur Erwärmung der Halbleiterscheibe, die aus mehreren in Reihen angeordneten Lichtquellen besteht, durch deren Licht die Halbleiterscheibe mindestens einseitig bestrahlt wird, sowie aus einer Prozeßkammer mit reflektierenden Oberflächen.

Ein derartiges Verfahren ist beispielsweise aus der EP 03 45 443 A2 bekannt.

Bei der Herstellung elektronischer Bauelemente aus Halbleiterscheiben auf Silizium- oder Galliumarsenidbasis gewinnen Kurzzeittemperverfahren (englisch: Rapid Thermal Processing RTP oder Rapid Thermal Annealing = RTA) immer mehr an Bedeutung. Deren Hauptvorteile, eine verringerte Temperaturbelastung und ein rationeller Fertigungsprozeß, werden unter anderem bei der Herstellung dünner Dielektrika, bei Silizierreaktionen und beim Verfließen von Schichten, z. B. aus Borphosphorsilikatglas, ausgenutzt. Dabei werden die Halbleiterscheiben (Wafer) einzeln in eine Prozeßkammer gefahren und dann unter definierter Atmosphäre durch Bestrahlung mit einer intensiven Lichtquelle sehr schnell und mit möglichst homogener Temperaturverteilung über der Halbleiterscheibe aufgeheizt. Ein erwünschter, idealer Temperatur-Zeit-Zyklus ist z. B. eine Aufheizrate von  $300^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  auf  $1100^{\circ}\text{C}$ , eine anschließende Temperzeit von 5 sec bei  $1100^{\circ}\text{C}$  und eine Abkühlrate von  $100^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ .

Tatsächlich wird jedoch in modernen RTP-Geräten als Abkühlzeit eines 200 mm-Wafers von  $1100^{\circ}\text{C}$  auf  $300^{\circ}\text{C}$  etwa 100 sec benötigt, statt der möglichen circa 10 sec. Eine schnellere Abkühlung wird durch die hohe Reflektivität der Prozeßkammer behindert. Simulationen zeigen, daß beispielsweise bei einer Reflektivität von etwa 95% mehr als 80% der vom Wafer abgestrahlten Energie wieder auf ihn zurückfällt, statt als Wärmeabstrahlung zu seiner Abkühlung beizutragen.

In Fig. 2 ist ein weit verbreiteter RTP-Anlagentyp schematisch und im Schnitt dargestellt. Die aufzuheizende Halbleiterscheibe 1 befindet sich üblicherweise in einer Quarzkammer 2. Die Lichtquelle besteht aus zwei Reihen von Quarz-Halogen-Lampen 3. Der Reflektor in Form einer quaderförmigen Prozeßkammer 4, der die Lampen 3 und die Halbleiterscheibe 1 umschließt, sorgt einerseits dafür, daß möglichst geringe Verluste des Lampenlichts auftreten, andererseits auch dafür, daß die Verluste durch die Wärmeabstrahlung der heißen Halbleiterscheibe 1 gering gehalten werden. Bei vielen RTP-Systemen ist es nur so möglich, ein ausreichend schnelles Hochheizen zu erzielen. Üblicherweise sind die inneren, vergoldeten Oberflächen der Prozeßkammer unmittelbar zur Reflexion vorgesehen. In Fig. 2 sind der Wafer und die energiespendenden Lampen 3 von einer oberen, einer unteren und drei seitlichen vergoldeten reflektierenden Oberflächen umgeben.

RTP-Geräte zum Aufheizen von Wafern für die Herstellung integrierter Schaltungen erreichen eine umso gleichmäßigere Temperaturverteilung über den Wafer mit umso geringerer Lampenleistung, je höher die Reflektivität der Prozeßkammeroberfläche ist. Eben diese, insofern erwünschte hohe Reflektivität verhindert jedoch andererseits eine schnelle Abkühlung der Wafer am Prozeßende. Die Folge ist eine zu geringe Produktivität der RTP-Geräte. Dieses Problem kann bisher nur durch Eingehen von Kompromissen hinsichtlich der Prozeßqualität gelöst werden.

Einerseits ist es natürlich möglich, eine Reflexionskammer mit verminderter Reflektivität bei gleichzeitiger Erhöhung der Lampenleistung einzusetzen. Andererseits bietet sich auch die wenig effektive Möglichkeit einer aktiven Kühlung der Quarzkammer, in der sich die Halbleiterscheibe befindet, beispielsweise durch Preßluft. Auch dabei resultieren jedoch zu lange Wartezeiten.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, das auf einfache Weise eine schnellere Abkühlung der Halbleiterscheiben am Prozeßende und damit eine höhere Produktivität der bisherigen RTP-Geräte gewährleistet.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die reflektierenden Oberflächen oberhalb und/oder unterhalb der Halbleiterscheibe als Reflektorplatten ausgebildet werden und daß zur schnellen Abkühlung der Halbleiterscheibe am Ende der Temperung deren Reflektivität durch mechanische Mittel verringert wird.

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch und im Schnitt als erstes Ausführungsbeispiel eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 in der gleichen Darstellungsweise eine bekannte RTP-Anlage,

Fig. 3 in der gleichen Darstellungsweise ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Die Verringerung der Reflektivität läßt sich besonders einfach dadurch erreichen, daß eine in Lamellen aufgeteilte Reflektorplatte verwendet wird, die sich zwischen Boden bzw. Decke der Prozeßkammer und der zugehörigen Reihe von Lichtquellen befindet, daß die um ihre Längsachsen drehbaren und vorzugsweise aneinandergrenzenden Lamellen der Halbleiterscheibe während der Temperung eine hochreflektierende, insbesondere vergoldete Oberfläche zuwenden, während ihre umseitigen, geschwärzten Oberflächen der Halbleiterscheibe erst am Ende der Temperung durch Drehung der Lamellen um mehr als etwa  $45^{\circ}$  mindestens teilweise zugewendet werden. Die Drehung der Lamellen um beispielsweise  $180^{\circ}$  kann über eine Zahnstange erfolgen. Besonders vorteilhaft ist es, Lamellen 5 mit zu beiden Seiten pyramidal geformten Oberflächen, wie in Fig. 1 neben der Prozeßkammer 4 und den Lampen 3 angedeutet, zu verwenden. Auf diese Weise wird nicht nur für eine rasche Abkühlung am Ende der Temperung gesorgt, sondern während der Temperung gewährleistet die einem Rückstrahler ähnliche Form der Lamellen 5 zusätzlich eine besonders gleichmäßige Temperaturverteilung über der Halbleiterscheibe.

Wie in Fig. 3 dargestellt, ist es auch möglich, flächig geformte Lamellen 6 zu verwenden und zur Abkühlung vorzugsweise um  $90^{\circ}$ , wie in Fig. 3 dargestellt, oder um  $180^{\circ}$  zu drehen. Gemäß Fig. 3 sind die Lamellen maximal geöffnet, so daß die von der Halbleiterscheibe ausgehende Wärmestrahlung zwischen den Lamellen hindurch auf einen gut absorbierenden Hintergrund fällt.

Während der Temperung dient der Wärmeaustausch zwischen den absorbierenden Lamellenrückseiten und dem absorbierenden Hintergrund einer vorteilhaften Kühlung der Lamellen. Die Lamellen selbst sollten entweder eine ausreichende Wärmekapazität, d. h. insbesondere eine ausreichende Dicke aufweisen, oder zu-

sätzlich gekühlt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Kurzzeitempern einer Halbleiterscheibe mittels einer Bestrahlungsanordnung zur Erwärmung der Halbleiterscheibe, die aus mehreren in Reihen angeordneten Lichtquellen besteht, durch deren Licht die Halbleiterscheibe mindestens einseitig bestrahlt wird, sowie aus einer Prozeßkammer mit reflektierenden Oberflächen **dadurch gekennzeichnet**, daß die reflektierenden Oberflächen oberhalb und/oder unterhalb der Halbleiterscheibe (1) als Reflektorplatten ausgebildet werden und daß zur schnellen Abkühlung der Halbleiterscheibe (1) am Ende der Temperung deren Reflektivität durch mechanische Mittel verringert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine in Lamellen aufgeteilte Reflektorplatte verwendet wird, die sich zwischen Boden bzw. Decke der Prozeßkammer (4) und der zugehörigen Reihe von Lichtquellen (3) befindet, daß die um ihre Längsachsen drehbaren und vorzugsweise aneinandergrenzenden Lamellen der Halbleiterscheibe während der Temperung eine hochreflektierende, insbesondere vergoldete Oberfläche zuwenden, während ihre umseitigen, geschwärzten Oberflächen der Halbleiterscheibe (1) erst am Ende der Temperung durch Drehung der Lamellen um mehr als etwa 45° mindestens teilweise zugewendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß Lamellen (5) mit zu beiden Seiten pyramidal geformten Oberflächen verwendet werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 **dadurch gekennzeichnet**, daß flächig geformte Lamellen (6) verwendet und zur Abkühlung vorzugsweise um 90° oder um 180° gedreht werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

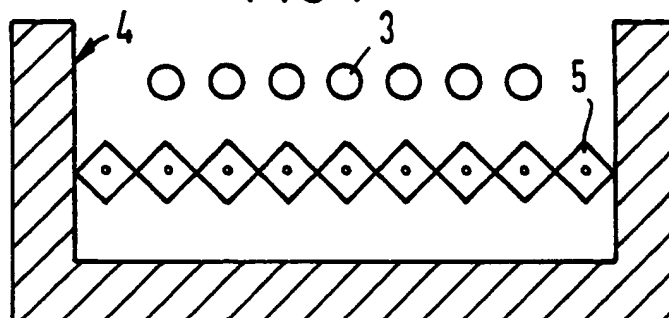


FIG 2

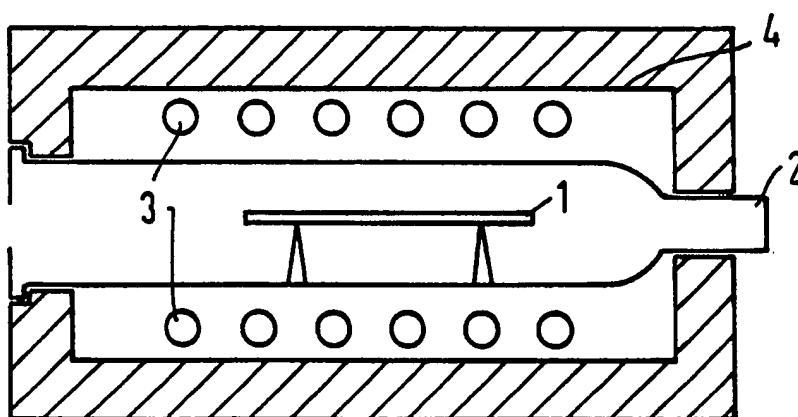


FIG 3

